

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

HEREDABILIDAD DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN VACAS DE CRÍA

por

María de las Mercedes CERSÓSIMO SANZ

María Manuela MARTÍNEZ VIGIL CIBILS

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener  
el título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2016

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. PhD. Ana C. Espasandín

-----  
Dr. MSc. Rodrigo López Correa

-----  
Ing. Agr. Andrea Larracharte

Fecha: 21 de noviembre de 2016

Autores:

-----  
María de las Mercedes Cersósimo Sanz

-----  
María Manuela Martínez Vigil Cibils

## AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora Ing. Agr. PhD. Ana Carolina Espasandín por su dedicación, apoyo y confianza en nosotras para llevar a cabo esta investigación.

A la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt por brindarnos los datos para poder realizar este trabajo.

Y un agradecimiento especial a nuestras familias y amigos quienes incondicionalmente nos apoyaron y acompañaron a lo largo de este camino, en especial a nuestros abuelos por transmitirnos un cariño especial por la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 MODELO GENÉTICO BÁSICO .....	3
2.2.1 <u>Heredabilidad de algunos caracteres de producción</u> .....	4
2.2.2 <u>Métodos para determinar la heredabilidad</u> .....	5
2.2.3 <u>Modelos de análisis: modelos uni y multivariados</u> .....	6
2.2.4 <u>Modelos multivariados</u> .....	8
2.3 CONDICIÓN CORPORAL .....	9
2.3.1 <u>Influencia de la condición corporal en el desempeño reproductivo</u> .....	12
2.3.2 <u>Heredabilidad en la condición corporal</u> .....	13
2.4 HIPÓTESIS GENERAL .....	15
2.5 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	15
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	16
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	22
4.1 FACTORES AMBIENTALES .....	22
4.2 HEREDABILIDAD .....	28
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	32
6. <u>RESUMEN</u> .....	33
7. <u>SUMMARY</u> .....	34
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	35

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Valor de $h^2$ de las distintas características.....	5
2. Número de vacas con CC de madre conocida. ....	17
3. Número de padres y madres según raza en el archivo de pedigree.....	19
4. Número de animales, padres y madres en los archivos de pedigree de las razas Angus y Hereford por separado. ....	19
5. Estadísticas descriptivas de la variable condición corporal .....	22
6. Análisis de varianza para la condición corporal al parto en vacas de cría. ....	23
7. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría en diferentes meses de parición.....	25
8. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría según categoría de la madre.....	26
9. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría según raza de la madre.....	26
10. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría según raza del toro.....	27
11. Heredabilidad, repetibilidad y componentes de varianza para la condición corporal al parto .....	28
12. Medias y errores de varianza aditiva, ambiente permanente, residual, fenotípica para las razas Angus y Hereford. ....	28

Figura No.

1. Escala de condición corporal .....	11
2. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría en diferentes años de parición. ....	24

## 1. INTRODUCCIÓN

La cría vacuna en el Uruguay es la que utiliza mayor superficie comparada con cualquier otra actividad agropecuaria, involucrando unas 7.468 mil has; esto significa el 50 por ciento del total del área nacional (MGAP. DIEA, 2016).

El valor medio en el porcentaje de destete de nuestro país es de 63 por ciento (Rincón, 2013), pudiendo ser explicado a través de algunos factores económicos, como por ejemplo, la relación de precio entre su producción (los terneros) y otras categorías de vacunos (novillos y vacas de invernada). Esto determina que el productor destine los rodeos de cría a los ambientes con menor productividad, determinando no solamente que no consuman pasturas mejoradas sino que además tengan la menor prioridad alimenticia en el campo natural. Para esta categoría le son asignados los potreros de menor aptitud pastoril, frecuentemente con alta carga y en competencia con ovinos. Tal práctica establecida para intentar el máximo aprovechamiento de la pastura natural con el rodeo de cría conduce en años de clima sin condiciones extremas a un pobre estado nutricional y el consecuente promedio de 63 por ciento de destete (Rincón, 2013).

Otra posible causa de la baja eficiencia reproductiva en la cría puede deberse a la estrecha asociación existente entre la capacidad de carga y el porcentaje de destete. Por lo general, la carga animal empleada en los sistemas de Uruguay es de 0.8 UG/ha, según Pereira y Soca (1999), superior a la capacidad de carga que soporta el sistema, determinando esto que el principal punto débil de la eficiencia reproductiva es la insuficiente alimentación de la vaca a partir del manejo tradicional del campo natural.

Por último, cabe destacar la diferencia existente en el porcentaje de preñez de vacas que crían ternero frente a las falladas. La principal diferencia entre las dos categorías radica en el peor estado corporal de las vacas que criaron a sus terneros debido al incremento de los requerimientos por gestación y lactancia. De esta diferencia se desprende el concepto de condición corporal, pudiendo ser definida como una medida para estimar la cantidad de tejido graso subcutáneo en ciertos puntos anatómicos, o el grado de pérdida de masa muscular en el caso de vacas flacas con muy poca grasa. Esta variable es un indicador del estado nutricional de la vaca (Pereira y Soca, 1999).

Estudios realizados por Soca y Orscasberro (1992), indican que las vacas que paren con condición corporal (CC) 4-5 llegan al entore o servicio con similar condición corporal y tienen una probabilidad de preñez entre 75 y 90%. Las vaquillonas de primera cría, requieren de una mayor condición corporal (0.5 puntos más alta).

La condición corporal se asocia fenotípicamente a la reproducción en vacas de cría. Si esta relación se establece genéticamente, podría en un futuro significar un nuevo criterio de selección para mejorar la eficiencia reproductiva en bovinos de carne

En función de estos antecedentes el objetivo de este trabajo fue estimar la  $h^2$  de la condición corporal al parto, en vacas de diferentes genotipos, a partir de la base de datos proveniente de los rodeos de cría de las Estación Experimental Bernardo Rosengurtt de la Facultad de Agronomía.

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

- Estimar la  $h^2$  de la condición corporal al parto de las vacas de cría incluidas en la base de datos de los rodeos de cría de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt.

- Explicar la Condición Corporal lograda al parto en función de los diferentes factores genéticos y ambientales considerados: raza y categoría de la vaca, año y mes de parto, y sexo del ternero.

### 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Estimar la repetibilidad y  $h^2$  de la característica en estudio.



## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MODELO GENÉTICO BÁSICO

El fenotipo del individuo es el resultado de su genotipo, manifestado según el medio ambiente al que se lo expone. Esto se expresa en el modelo lineal:  $P = G + E + (G \cdot E)$  donde P es el fenotipo, G es el valor genotípico y E el efecto ambiental, es la interacción genotipo por ambiente. De estos componentes del modelo, es posible estimar la varianza genética (VG) y la varianza ambiental (VE), así como las covarianzas (Cov, Cardellino y Rovira, 1987).

### 2.2 HEREDABILIDAD

La  $h^2$  de un carácter cuantitativo en una población es el parámetro genético de mayor importancia, ya que determina la estrategia a ser usada en el mejoramiento del mismo. Para la mayoría de los caracteres una parte de la variación observada tiene una base genética y otra es resultado de factores ambientales. Si la mayor parte de la variación es genética aditiva en origen, esperamos que las diferencias en producción sean mayormente debidas a los genes que los individuos poseen y que entonces serán en gran parte transmitidos a su progenie. El grado de  $h^2$  de un carácter tiene como función principal expresar la confianza que se puede tener en el fenotipo del animal como una guía para predecir su valor de cría (Cardellino y Rovira, 1987).

La  $h^2$  se define como el cociente de la varianza genética aditiva (VA) sobre la varianza fenotípica (VP):  $h^2 = VA/VP$  (Cardellino y Rovira, 1987).

Esta es la  $h^2$  en sentido estricto, pues contiene en el numerador solamente la varianza de los valores de cría, que es lo que transmiten los padres a la progenie. Es posible definir también una  $h^2$  en sentido amplio (VG/VP), en donde la varianza del numerador corresponde a la variación genética total (VG). Esta  $h^2$  en sentido amplio es también llamada coeficiente de determinación genética y su utilidad radica simplemente en el hecho de marcar la importancia relativa del genotipo como determinante del valor fenotípico.

Los valores de  $h^2$  pueden variar de 0 a 1.

Conforme descripto por Bourdon (1997), para una característica de alta  $h^2$  (mayor a 0,7); los valores de cría tienen un importante efecto sobre el

fenotipo, siendo éste un buen indicador de su propio valor de cría. En cambio si se trata de una característica de baja  $h^2$ , el fenotipo de un animal no es un buen indicador de su propio valor de cría. La asociación entre el fenotipo y el valor de cría para una característica es cuantificable a través de una correlación y la  $h^2$  es el cuadrado de dicha relación.

### 2.2.1 $H^2$ de algunos caracteres de producción

La  $h^2$  es un valor relativo y no absoluto, en el sentido de que se aplica a una población en particular (la que sirvió para su estimación) y a una característica en particular. Los valores se pueden extrapolar, en general, a otras poblaciones con similar estructura genética y que están expuestas a un medio ambiente similar. Si la población cambia en su composición genética con la selección, la  $h^2$  también va a sufrir cambios. Sin embargo, muchos experimentos han demostrado que el valor de  $h^2$  de un carácter se mantiene bastante estable por varias generaciones, cinco a diez (Cardellino y Rovira, 1987).

Como la  $h^2$  es un cociente ( $VA/VP$ ) su valor puede variar alterando tanto el numerador como el denominador. Al disminuir la varianza ambiental ( $VE$ ) ya sea por un mejor control de las condiciones del medio o por métodos biométricos, se logrará que las diferencias observadas en dicha característica sean más heredables. Se obtienen valores mayores de  $h^2$  en poblaciones de animales originados de sistemas de apareamientos que aumentan la variación genética, es decir, que llevan las frecuencias de muchos de los genes que influyen la característica a valores intermedios, de alrededor de 0,5. Si determinamos el valor de la  $h^2$  para ese mismo carácter en un rodeo muy consanguíneo donde la homocigosis es mayor, obtendremos un valor inferior, ya que las frecuencias de muchos de los genes son 0 y 1. Por lo tanto habrá menos variación genética y las diferencias fenotípicas entre individuos serán preponderantemente ambientales (Cardellino y Rovira, 1987).

En términos generales, se puede hacer el siguiente agrupamiento de las características de acuerdo con la magnitud de la  $h^2$ .

Cuadro No. 1. Valor de  $h^2$  de las distintas características

<b>Características</b>	<b><math>h^2</math></b>	
<b>Reproductivas</b>	0.05-0.15	Baja
<b>Productivas</b>	0.20-0.40	Media- Alta
<b>Calidad de producción</b>	0.45-0.60	Alta
<b>Esqueléticas, anatómicas</b>	>0.50	Alta- Muy Alta

Fuente: Cardellino y Rovira (1987).

A pesar de que esta clasificación es un poco artificial y bastante inexacta, en líneas generales se cumple. No hay por qué esperar  $h^2$  es altas de caracteres reproductivos, de acuerdo con los resultados experimentales.

### 2.2.2 Métodos para determinar la $h^2$

Todos los métodos para estimar la  $h^2$  de los diferentes caracteres se basan de una u otra forma en determinar cuánto más se parecen entre sí animales emparentados que los no emparentados, dentro de una población.

Según Cardellino y Rovira (1987), para la determinación de la  $h^2$  se utilizan en general individuos que no tengan menos de un 25% de coeficiente de parentesco, debido a que el parecido genético entre parientes más lejanos sería demasiado bajo y entonces se necesitaría un número excesivamente grande de animales para detectar diferencias estadísticamente significativas y evitar errores grandes de muestreo. El grupo de datos para obtener valores de  $h^2$  debe necesariamente poseer una estructura familiar. Sin control de padres y/o madres en un rodeo, por ejemplo, no es posible estimar parámetros genéticos, por más abundantes que sean los datos y por más completos y precisos que sean los controles de producción de los individuos. Las estimaciones de  $h^2$  obtenidas por cualquier procedimiento, se refieren a una población base o referencia. Esta debe ser definida en cada análisis que se realice ya que todas las inferencias que se hagan teniendo como base los valores logrados, dependen de la composición de la población base.

Según los autores mencionados en el párrafo anterior, los métodos más comunes para determinar  $h^2$  en animales pueden ser agrupados en la siguiente forma:

por el grado de semejanza entre grupos de parientes

1- Progenitores e hijos

- a) regresión de los hijos sobre el promedio de ambos padres.
- b) regresión de los hijos sobre uno de los padres
- c) regresión de hijas sobre madres, dentro de padres

2-Hermanos

- a) correlación intraclase entre hermanos enteros
- b) correlación intraclase entre medios hermanos

3-Líneas isogénicas

Por la respuesta a la selección obtenida en experimentos específicamente diseñados, esta  $h^2$  es denominada “ $h^2$  lograda”.

Los métodos que utilizan semejanza entre hermanos son quizá los más populares en el mejoramiento animal pues se adaptan muy bien al tipo de datos que pueden ser obtenidos tanto en estaciones experimentales como en establecimientos comerciales (Cardellino y Rovira, 1987).

### 2.2.3 Modelos de análisis: modelos uni y multivariados

El análisis univariado es un análisis básico, como la media, la mediana, la moda, la varianza, entre otros. El análisis univariado, hace referencia al análisis de una sola variable de respuesta. La mayoría de los análisis univariados enfatizan la descripción. En los análisis univariados los factores a evaluar se presentan característica por característica presentados aisladamente.

Para la estimación de parámetros genéticos, estos modelos incluyen el efecto individual de cada animal como aleatorio, siendo resumidos en forma matricial como:

$$y = X\beta + Zu + e$$

En donde:

$y$ = vector de observaciones

$X\beta$ = matriz de incidencia de efectos fijos-vector de efectos fijos

$Zu$ = matriz de incidencia de efectos aleatorios-vector efectos individuales de cada animal.

$e$ = error aleatorio del modelo

Las estimaciones tanto de los factores ambientales como genéticos se realizan en forma simultánea mediante las metodologías BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) para los factores ambientales y BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) para las predicciones de los valores genéticos.

En el caso de los BLUP, los mismos son los mejores predictores lineales insesgados. Los mismos se utilizan cuando se tienen datos no balanceados. Las ventajas y desventajas de los BLUP se presentan a continuación.

### Ventajas

- ✓ Ponderación óptima de las diferentes fuentes de información.
- ✓ Permite comparaciones de animales en diferentes rodeos/majadas (posiblemente con diferentes niveles genéticos).
- ✓ Toma en cuenta el refugio, la selección y los apareamientos no aleatorios.
- ✓ Permite selección a lo largo de diferentes estratos de edad.
- ✓ Proporciona estimaciones de tendencias genéticas.
- ✓ Modelización muy flexible, facilita el ajuste de efectos complejos: razas (útil para evaluaciones con más de una raza, o animales provenientes de otros países).
- ✓ Efectos maternos: importantes en características pre-destete.
- ✓ Características correlacionadas: mejor precisión, o consideración a efectos de selección por una segunda característica (1ª. vs. 2ª. lactancia, P. Destete vs. P.18 meses).
- ✓ Interacciones entre genotipo y ambiente.

### Limitaciones

- ✓ Tienen que existir conexiones genéticas entre ambientes.
- ✓ Los animales no seleccionados también tienen que ser incluidos en el análisis.
- ✓ La co-selección de animales emparentados lleva al aumento de consanguinidad (pérdida de variación, depresión por endogamia).<sup>1</sup>

#### 2.2.4 Modelos multivariados

Los análisis multivariados mediante el modelo animal se han recomendado para realizar evaluaciones genéticas en animales (Henderson y Quaas, 1976), ya que pueden mejorar la exactitud de la evaluación y consecuentemente la respuesta a la selección, pudiendo eliminar o reducir el sesgo en la evaluación debido a la selección aplicada a ciertas variables (Pollak et al. 1984, Schaeffer 1984). Además, el uso del análisis multivariado incrementa el número de (co)varianzas a estimar y, con número reducido y estructura desbalanceada de datos, puede dificultar su estimación precisa (Henderson 1984, Meyer 1993).

Siempre se requiere determinar la conveniencia de usar análisis multivariados o univariados en la predicción de valores genéticos.

Según Varona et al. (1999) existe una menor sensibilidad a la pérdida de información de los análisis multivariados, dado el efecto estabilizador de la(s) variable(s) correlacionadas.

Schaeffer (1984) menciona que el análisis multivariado puede mejorar la jerarquización de los animales, especialmente cuando hay selección, ya que mejora la estimación de los parámetros genéticos y reduce el sesgo en la predicción de los valores genéticos (Pollak y Quaas, 1981).

Por último es importante remarcar que dependiendo de las variables y las poblaciones que vayamos a analizar, la elección de la alternativa de análisis más apropiada (análisis univariado, bivariado o multivariado) va a tener un impacto muy importante en el progreso genético.

---

<sup>1</sup> Urioste, J. 2012. Curso de posgrado; modelos lineales en genética cuantitativa y mejoramiento (sin publicar).

## 2.3 CONDICIÓN CORPORAL

La clasificación de animales mediante la asignación de grados de estado o condición corporal, es un método subjetivo que permite estimar la cantidad de energía que se encuentra retenida como músculo y grasa, es por lo tanto, una forma de evaluar el estado nutricional (energético) de un rodeo (Orcasberro, 1994).

La evaluación de la condición corporal del ganado se ha convertido en un tema central para el manejo de los rodeos. Se han desarrollado métodos tanto visuales como táctiles, donde se incurre en un problema de subjetividad por parte del observador.

Las reservas corporales de una vaca medidas como porcentaje de grasa en el cuerpo, es uno de los mejores indicadores del estado nutricional de la misma, y por lo tanto un importante determinante del desempeño reproductivo de esa vaca. La condición corporal es un método que se utiliza con el objetivo de clasificar a las vacas mediante apreciación visual y palpación manual de su nivel de reservas corporales.

El porcentaje de grasa subcutánea se puede medir mediante ultrasonido, lo que lo hace un dato mucho más confiable por ser preciso y objetivo. La condición corporal y los cambios en la condición corporal, son el mejor indicador de las reservas nutricionales de una vaca. Según Domecq et al. (1995) tanto la condición corporal como las mediciones de ultrasonido, pueden cuantificar la cantidad de grasa subcutánea.

Existe una alta relación entre la clasificación de condición corporal y el porcentaje de grasa corporal de una vaca. Álvarez y Balarini (2015), estudiaron la asociación existente entre el espesor de grasa subcutánea medido en la región dorsal (mm), en el espacio intercostal (entre la 12<sup>a.</sup> y 13<sup>a.</sup> costilla) y el punto p8 mediante ultrasonografía y la condición corporal por apreciación visual en el rodeo de cría Hereford. Estos autores encontraron que la correlación fenotípica entre condición corporal y ambas medidas de espesor de grasa subcutánea fueron de magnitud media a alta, siendo mayor la relación con la grasa dorsal. Ambas medidas de grasa subcutánea estuvieron relacionadas en forma alta y significativa. Los valores de correlación fenotípica fueron de 0,73 para condición corporal y espesor de la grasa dorsal, y de 0.68 para condición corporal y p8. Basados en los datos obtenidos y la información recabada concluyeron que bajo medición objetiva de grasa subcutánea (espesor de la grasa dorsal y p8) es posible predecir tanto la condición corporal a partir de la

grasa subcutánea como estimar espesor de la grasa dorsal mediante apreciación visual subjetiva de la condición corporal.

Tanto la condición corporal como el espesor de grasa dorsal detectan mejor el estado nutricional de las vacas que el peso vivo o sus cambios, debido a las diferencias del peso fetal y llenado del rumen, que inciden en los cambios de pesos. Ambos se desempeñan como mejores indicadores que las medidas de relación peso-altura.

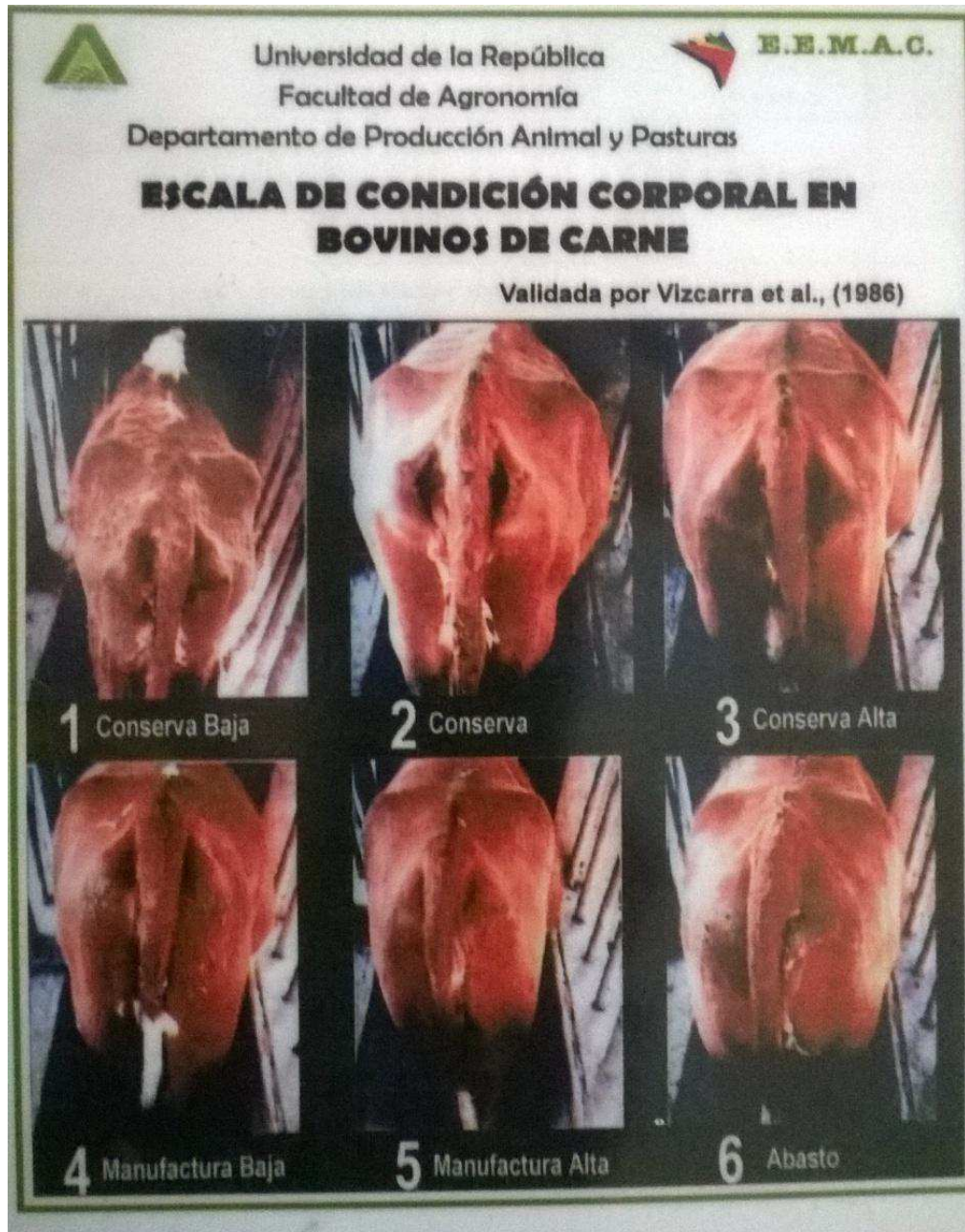
La utilización de escalas numéricas para clasificar los vientres según su condición corporal ha demostrado ser una herramienta muy útil para el mejor manejo de los mismos. La gran virtud de clasificar los vientres por su condición corporal a través de un puntaje, independientemente de tamaño y raza de los animales, es poder transmitir de forma más comprensible de lo que se está hablando. Cuando se hace referencia únicamente a peso vivo, resulta más difícil asociarlo a condición corporal, pues el tamaño influye mucho.

La escala que más se ha usado en el Uruguay va del 1 al 8, y fue validada por Vizcarra et al. (1986). Las áreas claves para asignarle a la vaca el valor de la escala correspondiente, están bien delimitadas y estas son: la inserción de la cola y sus alrededores y zona lumbar de las costillas cortas. En esta última región la presión se efectúa con el dedo pulgar y de esta forma se puede palpar el espesor de grasa subcutánea.

En la figura No. 1 se presenta y describe la escala de condición corporal validada por Vizcarra et al. (1986) para los rodeos de cría Hereford de nuestro país. No se aprecia el estado 7 y 8 debido a que no es representativo en nuestras condiciones.



Figura No. 1. Escala de condición corporal



Fuente: adaptado de Vizcarra et al. (1986)

En animales flacos (1 y 2) se llega a tocar fácilmente el hueso de la costilla corta, no así en animales con mejor estado debido al mayor espesor de

la grasa de cobertura. De esta forma, el puntaje que se adjudica es en función de la fuerza de la presión necesaria para alcanzar a tocar la costilla corta. De la misma forma, a nivel de la inserción de la cola, también se considera el grado en que la grasa puede ser palpable.

Todas las escalas que se han confeccionado para la adjudicación de puntaje según el estado del animal están basadas en el mismo principio: el de estimar la mayor o menor cantidad de tejido graso. En Australia y en Canadá utilizan una escala de 1 a 5, en E.U.A de 1 a 8. El estado corporal de los vientres debe fluctuar entre los puntajes 4, 5 y 6, dependiendo del momento del año, de su estado fisiológico y de su edad. Más de 6 no es necesario para acompañar los requerimientos productivos del ciclo de cría, significando desperdicio de forraje el manejo de puntajes de 7 y 8 (no se observa en la figura). Se puede tolerar bajo circunstancias muy especiales, condiciones corporales de hasta 3, pero siempre que se asegure rápidamente su recuperación.

Una limitante encontrada por Ferguson et al., citados por Schröder et al. (2006), fue que cuando las personas no estaban entrenadas y no tenían experiencia en determinar la condición corporal, se dio una menor precisión en los resultados de la puntuación (27%). En cambio cuando se trataba de personal entrenado, las puntuaciones evaluadas fueron consistentes con la media de todos los observadores en un 60 % de los casos.

### 2.3.1 Influencia de la condición corporal en el desempeño reproductivo

Como se mencionó en el capítulo anterior, el bajo porcentaje de destete a nivel nacional de 63% (Rincón, 2013) se debe fundamentalmente a dos factores: la avanzada edad al primer entore y el largo en el anestro post parto.

La condición corporal podría ser considerada en un futuro como una variable a tener en cuenta en los programas de mejoramiento, ya que se sostiene una relación directa con el porcentaje de preñez. Se estima que cuando las vacas llegan con una condición corporal al parto de 4 el porcentaje de preñez sería de un 80%, no aumentado éste con mayores niveles de condición corporal. En el caso de que las vacas lleguen con un valor menor a 4 el porcentaje de preñez sería menor o igual a 50 % (Rovira, 2008).

Orcasberro (1991), sostiene que la CC al parto indica el nivel alimenticio al cual fue sometida. La duración del anestro post-parto está afectada por la CC al parto y por la alimentación post-parto. En situaciones de condiciones

corporales menor o iguales a 3, el período de anestro se puede prolongar llegando incluso a los 100 días. Cuando la condición corporal al parto es de 4, la duración del anestro post-parto ronda los 35-50 días, dependiendo de la alimentación que recibe durante este período. En los casos que se cumpla con dicho período las probabilidades de quedar preñada en el siguiente entore son altas.

### 2.3.2 Heredabilidad en la condición corporal

Poca información acerca de este tema se ha investigado a lo largo de los años. Diversos estudios han buscado evaluar la  $h^2$  de la condición corporal como forma de incluir una medida más en la selección de las próximas generaciones.

El desempeño reproductivo de las vacas, está estrechamente asociado con la producción, pero no se presenta como un tema principal en los programas de selección dada la baja  $h^2$  y la dificultad en la medición de caracteres reproductivos. Hasta el momento poco se sabe con certeza la utilidad de la condición corporal como criterio de selección, pero por ser una forma rápida, barata y no invasiva se ha empezado a realizado estudios (Machado et al., 2008).

Estudios más recientes investigados por Fernandes et al. (2015), tuvieron como principal objetivo evaluar la utilidad de la condición corporal como un indicador de la performance reproductiva de las hembras en producción de carne, y su utilidad como una herramienta de selección en programas de mejoramiento. La escala utilizada para estas investigaciones fue de 1 a 5, siendo 1 vas muy flacas y 5 obesas (Houghton et al., 1990). Los resultados indicaron que vacas con condición corporal entre 1 y 3 tenían una menor probabilidad de volver a quedar preñadas en comparación con vacas con CC 5. Cuando las vacas estaban en el rango de 4-5 no existieron diferencias. Para rangos intermedios de condición corporal, se observó una mayor probabilidad de obtener terneros con mejor performance de madres de este rango. En relación a la  $h^2$ , el valor obtenido en este estudio fue de 0,24, indicando una acción genética aditiva, y la posibilidad de utilizar la condición corporal como criterio de selección para las vacas Nelore.

Johnston et al. (1996), reportaron una  $h^2$  entre 0.21, 0.14 y 0.17 con una repetibilidad de 0.32, 0.52 y 0.41 para las razas Angus, Hereford y Polled Hereford respectivamente.

Fernandes et al. (2015) trabajando con vacas de la raza Nelore y en base a una escala del 1-5, sostienen que la variación obtenida para la condición corporal y su importante asociación con los caracteres reproductivos y maternos, amerita la inclusión de este criterio en el índice para la selección, siendo las vacas con condición corporal de 3 y 4 las ideales para el mantenimiento de los lotes de cría.

Arango et al. (2002), en el marco de proyectos desarrollados en Nebraska, USA, tuvieron como principal objetivo, estimar los componentes de (co)varianza de la condición corporal al parto utilizando modelos univariados, bivariados y de repetibilidad. Trabajaron con cruza de toros de 22 razas diferentes, sobre Hereford y Aberdeen Angus como razas maternas. Mediante análisis univariados, la  $h^2$  estimada en promedio fue de 0.16 en tanto la repetibilidad de 0.30. Con estos valores se podría decir que la  $h^2$  es baja con una moderada repetibilidad. A pesar de estos valores, los autores sostienen que la condición corporal puede ser útil para evaluar peso en vacas a grasa constante, más que un rasgo independiente para seleccionar. Los autores concluyen que la selección por condición corporal no sería tan eficaz pero sí en cambio la respuesta correlacionada seleccionando por peso de la vaca. Anteriormente se estimó lo mismo mediante distintos métodos como el ANAVA, en donde la  $h^2$  estuvo en el rango de 0.13 a 0.51 (Brinks et al., Marlowe y Morrow, Choy et al., citados por Arango et al., 2002), mientras que la repetibilidad estimada varió entre 0.34 y 0.85 (Benyshek y Marlowe, Williams et al., Choy et al., citados por Arango et al., 2002).

Por su parte Meyer (1995), mediante la realización de trabajos en Australia y utilizando REML, reportó una  $h^2$  entre 0.12 y 0.16 con una repetibilidad de 0.20 a 0.25 dependiendo de la raza (Hereford o Wokalpus).

Arango et al. (2002) observaron que las medias y las varianzas fenotípicas iban cambiando entre estaciones para las características de peso de la vaca, así como también para la condición corporal. Esto era esperado dado que las distintas estaciones representan no solo diferencias en el clima y en las condiciones ambientales, sino también diferencias fisiológicas en el estado de los animales, particularmente aquellas que están relacionadas con la preñez y la lactancia, siendo éstos factores muy importantes en la deposición de la grasa. Los mismos autores relacionando la edad y la variación en la condición corporal estimaron valores de  $h^2$  de 0.22 para todas las edades (de 2 a 8 años) con excepción de 0.51 para vacas de 8 años de edad. A su vez, mediante análisis bivariados, la estimación de los parámetros de la condición corporal fueron ligeramente superiores a los de los obtenidos por los análisis univariados para los distintos rangos de edad, pero más errático para las distintas estaciones (0.11-0.20, Arango et al., 2002).

Lake et al. (2005) realizaron un estudio con vacas cruzas y reportaron un aumento en la tasa de preñez en vacas con condición corporal 4 para una escala del 1-9 siendo 1 vacas muy flacas y 9 obesas (Wagner et al., 1988), mientras que Mulliniks et al. (2012), encontraron que la condición corporal no tenía efecto en la tasa de preñez.

Según estudios realizados en Brasil por Silveira et al. (2015) en vacas Nelore la condición corporal mostró una variabilidad genética con un promedio de  $h^2$  de 0.23.

En síntesis, son escasas las estimaciones de la variabilidad genética para la condición corporal en vacas de cría, en tanto los valores observados revelan rangos de entre 0,12 a 0,51, siendo éstos de magnitud considerable. La  $h^2$  de ésta variable inspira a seguir investigando sobre este tema, y evaluar posibles correlaciones genéticas entre condición corporal y características reproductivas con el fin de que pueda ser incluida como una variable en los programas de mejora.

## 2.4 HIPÓTESIS GENERAL

Es posible estimar la  $h^2$  de la condición corporal al parto de las vacas de cría incluidas en la base de datos multirracial de los rodeos de cría de la Estación Experimental Bernardo Rosengurt de la Facultad de Agronomía.

## 2.5 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La condición corporal al parto en vacas de cría presenta una  $h^2$  y repetibilidad de magnitud media. La condición corporal al momento del parto varía con la raza y categoría de la vaca, año y mes de parto y con el sexo del ternero en gestación

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo realizado para llevar a cabo la tesis, consistió en el estudio y procesamiento de un conjunto de datos del rodeo de cría de la Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurt (EEBR) de la Facultad de Agronomía (latitud: -32,356112 y longitud:-54,442079), localizada en el departamento de Cerro Largo.

De dichas planillas se obtuvieron los datos de: año y mes de parición; identificación, categoría, facilidad al parto, raza y condición corporal de la madre al parto; raza y caravana del padre; y en relación al ternero, caravana, sexo, genotipo, peso al nacimiento y peso al destete. En cuanto al dato de peso al parto, el valor promedio fue de 371 Kg, estando comprendidos todos los valores entre 554 y 203 kg. Los valores de peso al nacimiento oscilaron entre 50 y 17 kg con un promedio de 34 Kg. No se considero en el análisis el peso de la vaca y peso nacimiento del ternero ya que no se disponía de un número suficiente de datos para incorporarlos en el análisis. Los mismos fueron arreglados en planillas electrónicas para el período comprendido entre 1994 y 2015, con igual formato y estructura, para luego tener los datos correctamente ordenados.

La variable de respuesta (condición corporal de la vaca al parto) fue resumida en medias y desvíos estándar según cada uno de los efectos fijos considerados, conforme el modelo preliminar:

$CC = \text{media general del modelo } (\mu) + \text{año de parto}_i + \text{mes de parto}_j + \text{sexo del ternero}_k + \text{raza de la madre} + \text{raza del toro}_m + \text{categoría de la vaca}_n + \text{oferta de forraje}_o + \text{error del modelo}_{ijklmno} .$

El período comprendido para año de parto fue desde 1994 al 2015; los meses de parto en los que ocurrió parición fueron 8: marzo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre. Para los meses de enero, febrero, abril y mayo no se registraron pariciones. Los sexos evaluados fueron macho y hembra; se contabilizaron 15 combinaciones posibles de razas siendo Aberdeen Angus (AA), Angus Hereford (AH), Hereford Angus (HA), Hereford (HH), retrocruza Angus con Hereford (Rt AH), cruza (CR), retrocruza Hereford con Angus (Rt HA), retrocruza Limousine con Hereford o Angus (Rt L). Para el efecto categoría fueron tomadas en cuenta vaquillonas de primer parto (PP), vaquillonas de segundo parto (SP) y vacas multíparas (VM). Las ofertas de forraje fueron alta (A) y baja (B), según el tratamiento experimental recibido. (alta: promedio de 10 kg de MS/100 kg PV/ día; baja: promedio de 6 Kg de

MS/100 Kg PV/día). Según el estudio preliminar no se encontraron diferencias para las dos ofertas de forraje ni para sexo del ternero, por lo tanto no se los incluyó en el estudio. La base de datos contenía un total de 3635 animales en total.

En el cuadro No. 2 se presenta el número de vacas que poseen dato de CC de sus respectivas madres.

Cuadro No. 2. Número de vacas con CC de madre conocida.

<b>Año</b>	<b>No. vacas con cc</b>
1995-2002	740
2003	0
2004	17
2005	117
2006	148
2007	106
2008	124
2009	134
2010	54
2011	5
2012	106
2013-2014	111

De las planillas originales de donde se obtuvieron los datos de los animales de la estación experimental, se filtraron las vacas que contenían el dato de CC de sus madres; el mismo se pudo obtener de cada año comprendido en el estudio.

Mediante el procedimiento MIXED del programa SAS (SAS, 2014) se realizó análisis de varianza para conocer el efecto de los efectos fijos considerados, sobre la condición corporal.

Las medias de mínimos cuadrados obtenidas fueron comparadas mediante el test de tukey ajustado ( $Pr < 0.05$ ).

Los componentes de varianza para la variable Condición Corporal al parto fueron estimados usando el programa MTDFREML (Boldman et al., 1995). Se propuso el siguiente modelo para analizar la condición corporal al parto:

$$y = X\beta + Zu + Wp + e,$$

Los registros repetidos de condición corporal de cada vaca en este modelo se consideran como una única característica.

donde:

$y$ = vector de observaciones de la Condición Corporal al parto

$X\beta$ , matriz de incidencia de efectos fijos-vector de efectos fijos (año, mes de parto y categoría de la madre, raza del toro, raza de la madre)

$Zu$ , matriz de incidencia de efectos aleatorios-vector efectos individuales de cada animal (a predecir)

$Wp$  la matriz de incidencia-vector de efectos aleatorios de ambiente permanente del animal.

$e$ , error aleatorio del modelo

Fueron corridos los tres módulos del programa MTDFREML, MTDFNRM, MTDFPREP y MTDFRUN.

El primero, MTDFNRM es el módulo en el que se prepara la matriz de parentesco ( $A$ ), así como su inversa ( $A^{-1}$ ). Para este fin se trabajó con el archivo de pedigree previamente preparado.

El archivo llamado pedigree contiene la identificación de cada animal, de su padre y de su madre. Las identificaciones deben estar presentadas



mediante números correlativos, de modo tal que los números más bajos deberán corresponder a los animales más viejos y los más altos a los nacidos recientemente.

En el cuadro No. 3 se presenta el número de padres y madres contenidos en la base de datos para cada raza.

Cuadro No. 3. Número de padres y madres según raza en el archivo de pedigree.

	<b>Raza</b>	<b>Padres</b>	<b>Madres</b>
<b>0</b>	(sin información)	10	6
<b>1</b>	ANGUS	59	525
<b>2</b>	HEREFORD	53	557
<b>3</b>	F1	5	414
<b>4</b>	F2	6	7
<b>5</b>	RETROCRUZAS	0	131
<b>6</b>	LIMOUSINE	7	
	<b>TOTAL</b>	<b>140</b>	<b>1640</b>

F1: cruce Angus X Hereford; F2: cruce F1 X Angus o Hereford.

En el cuadro No. 4 se presentan los pedigrees correspondientes a las razas Angus y Hereford por separado.

Cuadro No. 4. Número de animales, padres y madres en los archivos de pedigree de las razas Angus y Hereford por separado.

<b>Razas</b>	<b>No. animales.</b>	<b>No. padres.</b>	<b>No. madres.</b>
<b>Hereford</b>	594	49	361
<b>Angus</b>	636	57	374

Como en la base de datos las identificaciones se encontraban con caracteres alfanuméricos, fue necesario recodificar las identificaciones. Para ello fue usado el programa SAS.

Como resultado de este módulo fue creado el archivo de parentesco de los animales, así como el archivo que contenía las identificaciones original y reenumerada para cada animal. La matriz de parentesco contenía 3525 animales, de los cuales apenas 13 resultaron consanguíneos con un coeficiente (Fx) en media de 0.13.

El segundo módulo, MTDFPREP, consiste en la preparación de los vectores y matrices relativos a los efectos fijos y aleatorios, siendo descrito cada uno con sus correspondientes niveles y lugar dentro del archivo de datos.

Por último, el módulo MTDFRUN es el “encargado” de correr el programa en donde se estiman los componentes de varianza. En este análisis fueron estimados los siguientes:

- a) Varianza genética aditiva ( $V_a$ ).
- b) Varianza ambiental ( $V_r$ ).
- c) Varianza fenotípica ( $V_p$ ).
- d) Varianza de ambiente permanente del animal ( $V_p$ )

Y los parámetros:

a)  $h^2$  (o porción de la varianza fenotípica debida a la variación genética aditiva).

$$h^2 = V_a / V_p$$

b)  $e^2$  (o porción de la varianza fenotípica debida a los efectos ambientales y genéticos no aditivos).  $e^2 = V_d + V_i + V_e / V_p$

c) Repetibilidad (se define la correlación fenotípica entre medidas repetidas tomadas en individuos de una misma población; este parámetro poblacional explica cuanto de las diferencias fenotípicas observadas en la población se deben a diferencias entre efectos permanentes).  $R = (V_a + V_d + V_i + V_{ep}) / V_p$

Consideramos relevante utilizar el modelo de medias repetidas, dado que la condición corporal es una variable que se registra varias veces en la vida del animal. Por lo tanto el modelo que más se adapta al trabajo es el que considera la repetibilidad,

Los componentes de (co)varianza, también fueron estimados para cada una de las razas puras Hereford y Angus, mediante el modelo de medidas repetidas en el tiempo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 FACTORES AMBIENTALES

En el cuadro No. 5 se presenta el número de datos utilizados en el análisis, así como las medidas de posición, centralización y dispersión en relación a la variable dependiente condición corporal, obtenidas mediante el método de estimación REML.

Cuadro No. 5. Estadísticas descriptivas de la variable condición corporal

<b>Variable cc</b>	
<b>Número</b>	3635
<b>Media</b>	3,68
<b>Mediana</b>	3,50
<b>Moda</b>	3,50
<b>Desvío estándar</b>	0,59
<b>CV</b>	16,02
<b>Varianza</b>	0,35
<b>Mínimo</b>	2,00
<b>Máximo</b>	6,00

CV: coeficiente de variación.

De un total de 3635 datos leídos, correspondientes a 1375 vacas el valor que más se repitió (moda) fue de 3,50. Este coincide con el valor de la Mediana, que es el valor que separa por la mitad las observaciones. El valor de desvío de 0,59 representa el promedio de diferencia que hay entre el total de los datos y la media. La diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a la media 3,68 es de 0,35.

En el cuadro No. 6 se presenta un análisis de varianza para la condición corporal al parto en vacas de cría en relación al efecto año de parto, mes, categoría, sexo y raza de la madre.

Cuadro No. 6. Análisis de varianza para la condición corporal al parto en vacas de cría.

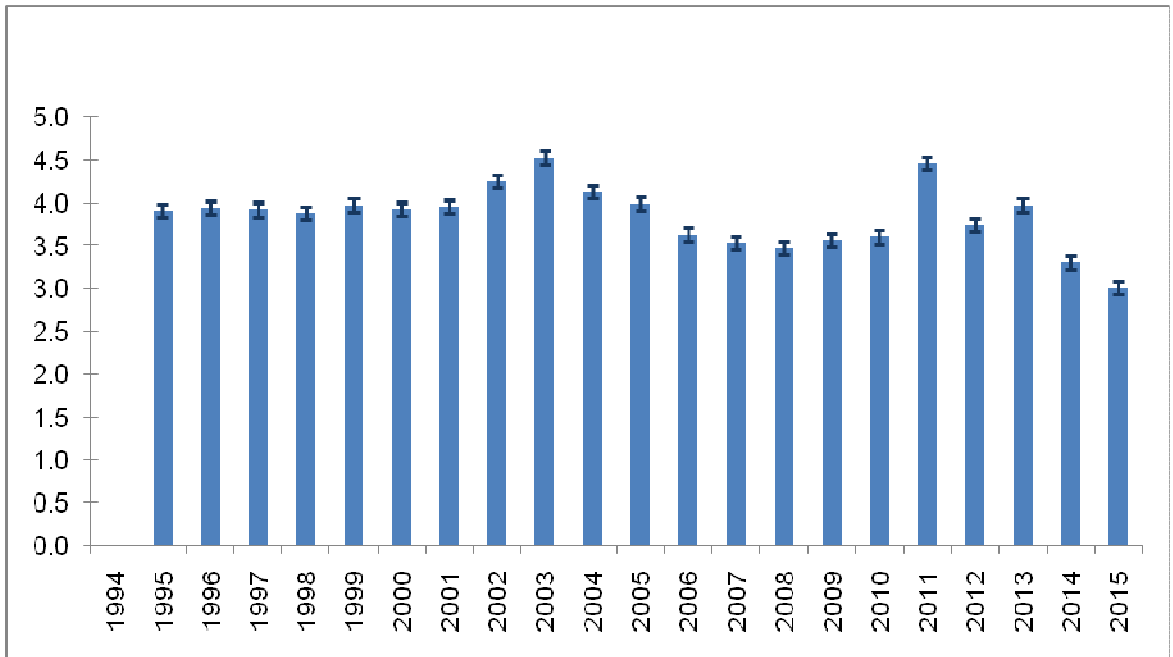
<b>Análisis de varianza</b>		
<b>Efecto</b>	<b>GL</b>	<b>Pr&gt; F</b>
<b>Año de parto</b>	20	0,0001
<b>Mes</b>	7	0,0001
<b>Categoría</b>	2	0,0001
<b>Sexo</b>	1	0,4614
<b>Raza de la madre</b>	9	0,0001
<b>Oferta de forraje</b>	1	0,1491

GL: grados de libertad

Del análisis de varianza presentado en el cuadro, se observó que la condición corporal no se vio afectada por el sexo del ternero ni por la oferta de forraje asignada. Por el contrario, las variables año de parto, mes de parición, categoría y raza de la madre afectaron de forma significativa la variable en estudio.

En la figura No. 2 se presenta el valor obtenido de las medias de mínimos cuadrados y de los errores estándar de la condición corporal al momento del parto en vacas de cría en relación a los años de parición, así como la comparación de medias mediante el test de Tukey ajustado.

Figura No. 2. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría en diferentes años de parición.



En relación a la media de la condición corporal el máximo se registró en el año 2003 con un valor de 4,53; mientras que el mínimo se registró en el año 2015 con un promedio de 3,01.

Del análisis de Tukey realizado para la variable año de parto, se puede concluir que los años comprendidos entre 1995 y 2001 no difieren significativamente entre sí, así como tampoco con el año 2005. También se puede observar que los años 2009 y 2010 no presentan diferencias estadísticamente significativas.

En el cuadro No. 7 se muestra información de las medias para los distintos meses de parición con el análisis de Tukey.

Cuadro No. 7. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría en diferentes meses de parición.

<b>Medias para mes de parición</b>			
<b>Mes de parición</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Tukey *</b>
<b>11</b>	4,16	0,06	a
<b>12</b>	4,11	0,12	abc
<b>10</b>	3,96	0,06	b
<b>7</b>	3,91	0,53	abc
<b>6</b>	3,89	0,22	abc
<b>9</b>	3,81	0,06	bc
<b>8</b>	3,79	0,08	bc
<b>3</b>	2,73	0,53	abc

\* letras diferentes indican diferencias significativas en mes de parición.

En lo que refiere a mes de parición, se puede ver que no hay registro para los meses de enero, febrero, abril ni mayo. Los resultados obtenidos en la comparación de Tukey para los meses donde si existen pariciones, muestran diferencias significativas.

La media obtenida para los diferentes meses de parición, el registro más bajo fue en el mes de marzo con un valor de 2,73 y el valor más alto de 4,19 para el mes de noviembre.

De acuerdo al análisis de Tukey para dicha variable, se observa que los meses de julio y junio no presentan diferencias entre sí, así mismo entre los meses de agosto y setiembre, tampoco se encontraron diferencias significativas entre ambos. En cuanto al error estándar se destacan los meses de marzo y julio con un valor de 0,53, siendo éste un valor alto en relación a los otros registros.

En el cuadro No. 8 se observa el resultado de la prueba de comparación de Tukey, así también como los valores de media y error estándar para las categorías: primera cría (PC), segunda cría (SC) y vaca adulta (VA).

Cuadro No. 8. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría según categoría de la madre.

<b>Medias según categoría</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Tukey</b>
<b>PC</b>	3,87	0,11	a
<b>VA</b>	3,82	0,11	a
<b>SC</b>	3,70	0,11	b

PC: primera cría; VA: vaca adulta; SC: segunda cría;

\* letras diferentes indican diferencias significativas entre categorías.

Existen diferencias significativas según la categoría de la madre. Comparando las categorías de vaca adulta y primera cría, no se obtuvieron diferencias entre sí, pero si se observaron diferencias entre estas dos y la categoría segunda cría. Se puede observar que la categoría primera cría y vaca adulta tuvieron una mejor condición corporal al parto que la vaca de segunda cría. Esto se ve evidenciado en el valor promedio de dichas categorías 3,87 para primera cría y 3,82 para el caso de vaca adulta. La categoría denominada PC corresponde a animales con una edad de 2 años aproximadamente, la categoría VA está compuesta por animales de entre 4 a 8 años y la categoría SC se compone de animales de aproximadamente 3 años de edad.

En el cuadro No. 9 se presentan las medias y errores estándar de la condición corporal observada para las diferentes razas de la madre contenidas en la base de datos analizada.

Cuadro No. 9. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría según raza de la madre.

<b>Medias según raza de la madre</b>			
<b>Razas</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Tukey</b>
<b>F<sub>2</sub></b>	3,93	0,17	ab
<b>F<sub>1</sub></b>	3,86	0,11	a
<b>Rt</b>	3,83	0,12	a
<b>HH</b>	3,79	0,11	a
<b>Rt AA</b>	3,77	0,13	ab
<b>Rt HH</b>	3,67	0,13	ab
<b>AA</b>	3,66	0,11	b

HH: Hereford; AA: Angus; F1: cruce Angus X Hereford; F2: F1 X Angus o Hereford; Rt: retrocruza Limousine (L) con vaca (AL o HL); Rt HH:  $\frac{3}{4}$  HH  $\frac{1}{4}$  AA; Rt AA:  $\frac{3}{4}$  AA  $\frac{1}{4}$  HH.

\* letras diferentes indican diferencias significativas entre razas de la madre.



De acuerdo al resultado del análisis de Tukey la raza pura Angus, presentó los menores valores en condición corporal al parto, siendo éste de 3.66 en relación a la raza pura Hereford, a la F1 y a la retrocruza con Limouseina (Rt)

Se observa que ambas retrocruzas (Rt AA y Rt HH) y la F2 no difieren entre sí; siendo estos valores menores a los presentados por la F1, Rt y HH los cuales tampoco presentaron diferencias significativas entre sí.

En el cuadro No.10 se presentan las condiciones corporales al parto de vacas de cría según la raza del toro con que fueron apareadas.

Cuadro No. 10. Medias y errores estándar de la condición corporal en vacas de cría según raza del toro.

Raza del toro	Media	Error estándar	Tukey
LIM	4,46	0,16	a
F1	3,85	0,13	b
HH	3,70	0,13	bc
AA	3,34	0,12	c

LIM: Limousine; F1: cruza Angus X Hereford; HH: Hereford; AA: Angus

\* letras diferentes indican diferencias significativas entre razas del toro.

Independientemente de la raza materna, las mayores condiciones corporales al parto se observaron cuando la raza del padre fue Limousine, diferenciándose significativamente del resto de las razas.

Limousine se destacó por su mayor condición corporal no encontrándose diferencias entre la raza Hereford y Angus.

## 4.2 HEREDABILIDAD

En el cuadro No. 11 se presentan las estimaciones de  $h^2$  y repetibilidad derivadas del modelo de medidas repetidas.

Cuadro No. 11. Heredabilidad, repetibilidad y componentes de varianza para la condición corporal al parto.

Va	Vep	Vet	Vp	$h^2$	R
0.154	0.085	0.212	0.452	0.340(0.055)	0.52(0.055)

Va: varianza aditiva; Vep: varianza ambiente permanente; Vet: varianza ambiente temporal; Vp: varianza fenotípica;  $h^2$ : heredabilidad; R: repetibilidad.

Considerando los efectos de ambiente permanente, las estimaciones de  $h^2$  para la condición corporal en vacas de cría resultó en 0,34(0.055), en tanto la repetibilidad resultó en 0,52(0.055).

En el cuadro No. 12 se presenta Medias y errores de varianza aditiva, ambiente permanente, residual, fenotípica para las razas Angus y Hereford.

Cuadro No. 12. Medias y errores de varianza aditiva, ambiente permanente, residual, fenotípica para las razas Angus y Hereford.

Raza	Va	Vep	Vet	Vp	$h^2$	R
AA	0,05	0,01	0,21	0,28	0,19	0,22
Error	(0,013)	(0,009)	(0,012)	(0,013)	(0,044)	(0,036)
HH	0,04	0,01	0,18	0,23	0,18	0,23
Error	(0,013)	(0,011)	(0,010)	(0,010)	(0,052)	(0,038)

HH: Hereford; AA: Angus; Va: varianza aditiva; Vep: varianza ambiente permanente; Vet: varianza ambiente temporal; Vp: varianza fenotípica;  $h^2$ : heredabilidad; R: repetibilidad.

La  $h^2$  observada para la condición corporal dentro de las razas puras es menor que la observada en el análisis conjunto de razas, siendo de 0,18 y 0,17 para Angus y Hereford respectivamente. En el mismo sentido las repetibilidades observadas fueron semejantes entre las razas (0,21 y 0,22 para Angus y

Hereford respectivamente), pero menores a las de la evaluación conjunta (0,52).

### 4.3 DISCUSIÓN

Se puede observar que la condición corporal no varió según el sexo del ternero. En cuanto a los meses de parición, existieron diferencias significativas. La mayor condición corporal se registró para el mes de noviembre y la menor en el mes de marzo. También se puede observar que los partos se concentran en determinados meses. Para los meses de enero, febrero, abril y mayo no hay registros de parición.

El mayor valor promedio en cuanto a mes de parición, se registra en noviembre, también en donde hay un mayor número de registros de partos. Este mes coincide con una abundante producción de pasto y de buena calidad, lo que es beneficioso para los rodeos de cría, además de posibilitar lograr mejores condiciones corporales al momento del entore. El error estándar obtenido en la estimación para el mes de marzo pudo haber influido en que no se hallaron diferencias entre dichos meses.

Cuando se analizó la condición corporal con las distintas categorías, se encontraron diferencias significativas entre las vacas adultas y las de primera cría con la categoría de segunda cría. Estas diferencias encontradas pueden ser debidas a los mayores requerimientos que tienen la categoría primera cría. Beretta y Simeone (2002) establecen que la vaca de cría a lo largo de su ciclo productivo, desarrolla varios procesos biológicos conforme varía con su estado fisiológico (mantenimiento gestación, lactación, ganancia de peso). En la medida que en algunos momentos existe superposición de estos procesos, se ha comprobado que la vaca destina los nutrientes consumidos sobre la base de un cierto orden de prioridades. La última prioridad es el reinicio de la actividad sexual. La categoría primera cría necesita de una mayor cantidad de alimento para llegar a una adecuada condición corporal al entore, y para llevar a cabo los procesos fisiológicos relacionados a la producción.

Por último, cuando se compararon los grupos genéticos entre sí, se observó que los mayores valores promedio se obtuvieron de las cruza y retrocruzas, mientras que los valores más bajos fueron por las razas puras Angus. Uno de los efectos que producen los cruzamientos, se denomina heterosis, la cual se obtiene a partir de la diferencia en producción entre el promedio de los animales cruza y el promedio de los animales puros contemporáneos (Cardellino y Rovira, 1987). Es sabido que las características de baja  $h^2$  tenderán a presentar mayor heterosis, ya que son explicadas en

mayor proporción por efectos genéticos no aditivos. Nuestro modelo de trabajo no incluyó heterosis, lo cual impidió cuantificar dicho efecto entre los grupos genéticos considerados. Sin embargo la magnitud de heterosis esperada no sería importante entre los grupos genéticos considerados debido a que el origen genético entre ellos es similar.

La  $h^2$  y la repetibilidad de la condición corporal, presentaron magnitudes medias a altas (0,34 y 0,52). Este valor de  $h^2$  es mayor al valor publicado por Meyer (1995). Estos datos fueron obtenidos de experimentos realizados en Australia, bajo la utilización del método REML. En dicho trabajo el valor de  $h^2$  fue de 0.12-0.16. Para estos trabajos las razas evaluadas fueron Hereford y Wokalpus.

Arango et al. (2002), estimaron una  $h^2$  de 0,16 mediante análisis univariados, trabajando con vacas de distintas edades, en distintos años y en diferentes estaciones. Previamente existían registros de experimentos realizados por (Brinks et al., Marlowe y Morrow, Choy et al., citados por Arango et al., 2002). Donde los resultados estuvieron en el rango de 0,13 a 0,51, el cual se asemejaría más al valor obtenido en este trabajo. Una de las conclusiones obtenidas por Arango et al. (2002), fue la gran variación encontrada según las distintas estaciones del año, lo que podría estar confirmando la incidencia del ambiente para los valores obtenidos de  $h^2$ .

Para el caso de las investigaciones realizadas por Silveira et al. (2015), los valores observados de  $h^2$  fueron de 0.23, siendo menor al valor observado en este trabajo. Es interesante remarcar que en este caso, los estudios fueron realizados con base de datos de vacas Nelore y bajo condiciones ambientales diferentes al las de nuestro país (tropicales de Brasil).

Una posible razón del valor de  $h^2$  encontrado en el presente trabajo, es que se trabajó con una base de datos que contiene muchas variables a la vez, principalmente grupos genéticos, y que si bien el efecto raza es incluido en el modelo puede no haber sido totalmente cuantificado su importancia para condición corporal.

En ese sentido, los valores alcanzados en  $h^2$  para las razas puras en este trabajo (AA y HH de 0,18 y 0,17 respectivamente) son inferiores al valor general de toda la base de datos. Una limitante en las estimaciones obtenidas pudo haber sido el menor número de registros considerado (1080 para Angus y 1205 para Hereford). Otra limitante a considerar es que los datos utilizados fueron los que se disponían para el trabajo, aspecto a tener en cuenta en estudios futuros para que las estimaciones puedan ser lo más representativas de las razas consideradas.

Estos valores observados para la  $h^2$  y repetibilidad del carácter de condición corporal al parto sugieren que la selección en su favor podría generar progresos genéticos a cortos plazos. Si en futuras investigaciones la condición corporal se asocia genéticamente con variables de reproducción podría ser considerada como indicadora de eficiencia reproductiva en vacas de cría.

## 5. CONCLUSIONES

Las  $h^2$  es estimadas para la condición corporal en vacas de cría bajo las condiciones de este trabajo presentan magnitudes medias.

La variable condición corporal al parto es una medida medianamente repetible.

Sería oportuna la continuidad de esta línea con nuevos trabajos que amplíen la base de datos existente para obtener mejores estimaciones de parámetros genéticos, y poder incluir estimaciones de correlaciones genéticas entre condición corporal y variables reproductivas en vacas de cría.

## 6. RESUMEN

La condición corporal de vacas de cría en ganado de carne al momento del parto, es un indicador de la eficiencia reproductiva del ganado. Su determinación se realiza mediante apreciación visual mediante escalas validadas en cada país. El objetivo de este estudio fue estimar la  $h^2$  de la condición corporal al parto en vacas cría de las razas Angus, Hereford y cruza F1 en condiciones de pastoreo en campo natural. Los registros de condición corporal se tomaron al momento del parto mediante la escala australiana de 1 a 8, validado para el ganado vacuno. La base de datos contiene 3635 registros que se obtuvieron de 22 años de experimentación en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt la Facultad de Agronomía (UdelaR) ubicada en el departamento de Cerro Largo, Uruguay. En promedio, la condición corporal de las vacas al parto fue de 3,68. Las estimaciones de las varianzas aditivas y residuales se obtuvieron utilizando el software de MTDFREML mediante el modelo de análisis univariado que contiene los efectos fijos de: año del nacimiento (1994-2015), la categoría de vaca (primera cría, segunda cría y vaca adulta), la raza del toro (Angus o Hereford), raza de la madre (Angus, Hereford o F1) y el sexo del ternero (macho o hembra). Los valores de varianzas aditivas, ambiente permanente, ambiente temporal, y fenotípicas fueron de 0.154, 0.085, 0.212, 0.452, y 0.46892, respectivamente. La  $h^2$  y el  $e^2$  fueron 0.340(0.055) y 0.52(0.055) respectivamente. La  $h^2$  de esta variable es suficiente para asegurar las ganancias genéticas de importancia económica en los sistemas de producción. Estas observaciones, si bien son preliminares, y en el contexto de esta base de datos, nos permiten sugerir que la condición corporal podría ser considerado en el futuro como una variable que debe incluirse en los programas de mejora genética en ganado de carne como un indicador de la eficiencia reproductiva en vacas de cría.

Palabras clave: Condición corporal; Heredabilidad; Vacas de cría.

## 7. SUMMARY

Body condition score in beef cows at calving is an indicator of the cattle's reproductive efficiency. Its determination is done by visual assessment through scales validated in each country. The aim of this work is to estimate the heritability of the body condition score in beef cows at calving. The studied breeds were Angus, Hereford and F1 crossbreeds in conditions of shepherding on natural field. The registers of the corporal condition were taken at the moment of delivery through the Australian scale from 1 to 8, which is validated for cattle. The database contains 3635 entries that were obtained from 22 years of experimentation in the Estación "Bernardo Rosengurt", Cerro Largo-Uruguay. On average, the cows corporal condition at the time of birth was 3,68. The additive and residual variances estimations were obtained using the MTDFREML software, through the univariate analysis model that contains the following fixed effects: birth year (1994-2015), cow category (first offspring, second offspring, heifers), bull's breed (Angus or Hereford), cow's breed (Angus, Hereford o F1) and calf's sex (male or female). The additive, permanent environmental, temporary environmental and phenotypic variances values were 0.154, 0.085, 0.212, 0.452, y 0.46892, respectively. The heritability and  $e^2$  were 0.340(0.055) and 0.52(0.055), respectively. The heritability of this variable is enough to ensure the genetic gains of economic significance in the production systems. Although these observations are preliminary and in the specific context of this database, they allow us to suggest that in the future, the variable 'corporal condition' should be included in the beef cattle genetic improvement programs as an indicator of the reproductive efficiency in beef cows.

Key words: Body condition score; Heritability; Beef cows.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, A.; Balarini, D. 2015. Condición corporal y espesor de la grasa subcutánea en vacas de cría Hereford. Tesis Doctor en veterinaria. Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 6 p.
2. Arango, J. A.; Cundiff, L. V.; Van Vleck, L. D. 2002. Genetic parameters for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score in beef cows. Lincoln, University of Nebraska. Department of Animal Science/ USDA. ARS. pp. 3112-3121 (Faculty Papers and Publications in Animal Science. Paper no. 232).
3. Beretta, V.; Simeone, A. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 19-25.
4. Boldman, K.; Kriese, L.; Van Vleck, L. D.; Van Tassell, C.; Kachman, S. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. Lincoln, NE, USDA. ARS. pp. 151-169.
5. Bourdon, R. M. 1997. Understanding animal breeding. 2nd. ed. London, UK, Prentice-Hall International. pp. 144-288.
6. Cardellino, R.; Rovira, J. 1987. Mejoramiento genético animal. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 65-91.
7. Domecq, J. J.; Skidmore, A. L.; Lloyd, L. W.; Kaneene, E. 1995. Validation of body condition scores with ultrasound measurements of subcutaneous fat of dairy cows. J. Dairy Sci. 78: 2308 p.
8. Echeverría, P. 2010. Manual de prácticas 2001. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 43-45.
9. Fernandes, A. F. A.; Neves, H. H. R.; Carvalheiro, R.; Oliveira, J. A.; Queiroz, S. A. 2015. Body condition score of Nellore beef cows; a heritable measure to improve the selection of reproductive and maternal traits. Jaboticabal, SP, Brazil, UNESP. FCAV. Departamento de Zootecnia. pp. 1-6.

10. Gutiérrez, J. P.; Álvarez, I.; Fernández, I.; Royo, L. J.; Diez, J.; Goyache, F. 2002. Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 78: 215-222.
11. Henderson, C. R.; Quaas, R. L. 1976. Multiple trait evaluation using relatives records. *J. Anim. Sci.* 43: 1188-1197.
12. \_\_\_\_\_. 1984. Applications of linear models in animal breeding. Guelph, Canada, University of Guelph. pp. 1-5.
13. Houghton, P. L.; Lemenager, R. P.; Horstman, L. A.; Hendrix, K. S.; Moss, G. E. 1990. Effects of body composition, pre- and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *J. Anim. Sci.* 68(5): 1438-1446.
14. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agroclima y Sistema de Información, UY). 2010. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980 - 2009. Montevideo. 34 p.
15. Johnston, D. J.; Chandler, H.; Graser, H. U. 1996. Genetic parameters for cow weight and condition score in Angus, Hereford and Polled Hereford cattle. *Aust. J. Agr. Res.* 47: 1251-1260.
16. Lake, S. L.; Scholljegerdes, E. J.; Atkinson, R. L.; Nayigihugu, V.; Paisley, S.I.; Rule, D. C.; Moss, G. E.; Robinson, T. J.; Hess, B. W. 2005. Body condition score at parturition and postpartum supplemental fat effects on cow and calf performance. *J. Anim. Sci.* 83: 2908-2917.
17. Machado, R.; Corrêa, R. F.; Barbosa, R. T.; Bergamaschi, M. A. C. M. 2008. Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. EMBRAPA São Carlos. Circular Técnica no. 57. 16 p.
18. Mao, I. L.; Sloniewski, K.; Madsen, P.; Jensen, J. 2003. Changes in body condition score and in its genetic variation during lactation. *Livest. Prod. Sci.* 78: 55-65.
19. Meyer, K. 1993. Estimates of direct and maternal correlations among growth traits in Australian beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 38: 91-105.

20. \_\_\_\_\_. 1995. Estimates of genetic parameters for mature weight of Australian beef cows and its relationships to early growth and skeletal measures. *Livest. Prod. Sci.* 44: 125–137.
21. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2016. Anuario estadístico agropecuario 2016. Montevideo. 39 p.
22. Mrode, R. A. 2005. Linear models for the prediction of animal breeding values. 2nd. ed. Wallingford, UK, CAB. pp. 39-109.
23. Mulliniks, J. T.; Cox, S. H.; Kemp, M. E.; Endecott, R. L.; Waterman, R. C.; Van Leeuwen, D. M.; Petersen, M. K. 2012. Relationship between body condition score at calving and reproductive performance in young postpartum cows grazing native range. *J. Anim. Sci.* 90: 2811–2817.
24. Orcasberro, R. 1991. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. *Pasturas y producción en áreas de ganadería extensiva*. Montevideo, INIA. pp. 158-169 (Serie Técnica no. 13).
25. \_\_\_\_\_. 1994. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría; parte 1. *El Mercado Agropecuario Seragro*. no. 206: 12-16.
26. Pereira, G.; Soca, P. 1999. Aspectos relevantes de la cría vacuna en Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp.1-12.
27. Pollak, E. J.; Quaas, R. L. 1981. Monte Carlo study of genetic evaluations using sequentially selected records. *J. Anim. Sci.* 52: 257-264.
28. \_\_\_\_\_.; Van der Werf, J.; Quaas, L. 1984. Selection bias and multiple trait evaluation. *J. Dairy Sci.* 67: 1590-1595.
29. Pryce, J. E.; Harris, B. L. 2006. Genetics of body condition score in New Zealand dairy cows. *J. Anim. Sci.* 89: 4424-4432.

30. Ramírez-Valverde, R.; Hernández-Alvarez, C.; Núñez-Domínguez, R.; Ruíz-Flores, A.; García-Muñiz, G. 2006. Análisis univariado vs. multivariado en la evaluación genética de variables de crecimiento en dos razas bovinas. *Prod. Anim.* 41 (3): 271-282.
31. Rincón, F. 2013. Producción animal; caracterización general de la ganadería. *Anuario Estadístico Agropecuario DIEA 2013*: 31-39
32. Rovira, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 83-90.
33. Santana Jr, M. L.; Eler, J. P.; Cucco, D. C.; Bignardi, A. B.; Ferraz, J. B. S. 2013. Genetic associations between hip height, body conformation scores, and pregnancy probability at 14 months in Nelore cattle. *Livest. Prod. Sci.* 78: 13-18.
34. SAS. 2014. SAS user's guide; statistics. Cary, NC. pp. 28-73.
35. Schaeffer, L. R. 1984. Sire and cow evaluation under multiple trait models. *J. Dairy Sci.* 67: 1567-1580.
36. Schröder, U. J.; Staufienbiel, R. 2006. Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J. Anim. Sci.* 89: 1-14.
37. Silveira, D. D.; Souza, F. R. P.; Brauner, C. C.; Ayres, D. R.; Silveira, F. A.; Dionello, N. J. L.; Boligon, A. A. 2015. Body condition score of Nelore cows and its relation with mature size and gestation length. *Livest. Prod. Sci.* 175: 10-17.
38. Soca, P.; Orcasberro, R. 1992. Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura del pasto y aplicación de destete temporario. *In*: Jornada de Producción Animal (19<sup>a</sup>., 1992, Young). Evaluación física y económica de alternativas tecnológicas en predios ganaderos. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 54-56.
39. Vallimont, J. E.; Dechow, C. D.; Daubert, J. M.; Dekleva, M. W.; Blum, J. W.; Barlieb, C. M.; Liu, W.; Varga, G. A.; Heinrichs, A. J.; Baumrucker, C. R. 2010. Genetic parameters of feed intake, production, body weight, body condition score, and selected type traits of Holstein cows in commercial tie-stall barns. *J. Anim. Sci.* 93: 4892-4901.

40. Varona, L.; Misztal, I.; Bertrand, J. K. 1999. Threshold-linear versus linear-linear analysis of birth weight and calving ease using an animal model; comparison of models. *J. Anim. Sci.* 77: 2003-2007.
41. Vizcarra, J. A.; Ibáñez, W.; Orcasberro, R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal en vacas Hereford. *Inv. Agr.* 7: 45-47.
42. Wagner, J. J.; Lusby, K. S.; Oltjen, J. W. ; Rakestraw, J.; Wettemann, R. P.; Walters, L. E. 1988. Carcass composition in mature Hereford cows; estimation and effect on daily metabolizable energy during winter. *J. Anim. Sci.* 66: 603-612.